臺灣發展農業生物技術產業之展望(下)

◎農業試驗所　所長　林俊義

二、現行農業生技研發體制與科研應用成果（續）

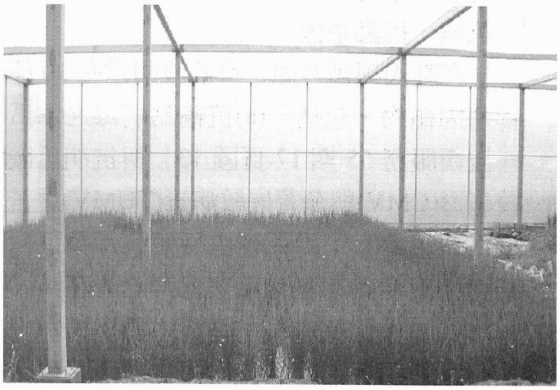
4.植物有用基因之利用：包括有用基因分析、選殖、轉殖與安全性評估。第一期規畫重點包括：(1)植物有用基因之選殖、表達與功能分析；(2)植物老化基因之選殖與應用於農產品之保鮮；(3)利用植物微生物反應器，以基因轉殖植物生產高價值產品－建立基因轉殖植物技術平台，生產酵素、診斷抗體、保健產品等極具國際競爭力之產業。第二期之規畫包括：(1)水稻功能性基因之研究；(2)蔬果類保鮮相關功能性基因體研究；(3)藥用菇菌類之功能性基因體研究。

在功能性基因的分析與選殖方面，台灣與其他 9 個國家共同進行水稻基因體之解序工作，我國負責第 5 條基因之分析，目前水稻基因序列已完成解碼，並於 2002 年 10 月 18 日公佈。由於目前已明瞭的水稻功能性基因不到 1/10，仍有非常大的發揮空間。此外，利用誘變劑使水稻台農 67 號突變，產生各種顏色與粒型的米粒(圖十五)，建立水稻突變基因庫，加強「分子育種」。傳統育種只能進行同種或近緣雜交，而基因轉殖可引進不同類緣之基因，突破自然界之生物極限。進行基因轉殖前，首先要獲得功能性基因，並將DNA分離、重組後轉殖到生物體內。農試所目前已自黑色種皮大豆選殖藍色基因 F3',5'H 等 9 群共 22 個花色素基因，並與國內 12 所研究機構合作，將基因轉移到菊花、蝴蝶蘭、石斛蘭等重要花卉，不久我國將有各色各樣的新花卉。此外亦選殖出爲數不少之抗病、抗蟲基因。

在基因轉殖方面，目前我國已有 10 種轉基因植物，包括：(a)抗輪點病毒之木瓜（技術服務 55 期 17 頁圖 13）與抗胡瓜嵌紋病毒(CMV)與蕪菁嵌紋病毒(TUMV)之苦瓜（圖十六）：均係經由轉殖病毒鞘蛋白基因而獲得；(b)耐儲藏與保鮮之青花菜、花椰菜、香蕉及木瓜：係經由調控植物老化荷爾蒙乙烯之合成或作用之基因表現，而國外早有耐儲藏番茄品系之育成；(c)抗冷番茄；(d)轉殖 amyllopullase 基因獲得便

圖十五　台農 67 號之突變米粒，可供為育種之親本

圖十六　抗病毒轉基因苦瓜(右)與對照苦瓜(左)接種胡瓜嵌紋病毒之比較


圖十七　中央研究院蕭介夫及余淑美教授研發之轉基因甜甜米於農試所隔離溫室進行安全性評估

於加工利用酵素的甜甜米稻米（圖十七）：商業上將植物澱粉轉化爲糖漿及高蛋白產品，必須添加微生物生產的耐高溫酵素來反應，甜甜米種子可生產耐高溫的澱粉水解酵素（APU），增加澱粉轉化效率，降低生產成本；(e)含可分解芻類飼料酵素之馬鈴薯（圖十八）：轉殖植酸分解酵素 phytase 基因。但由於轉基因植物有別於一般傳統育種之新品種，爲顧及社會倫理、生物族群之安全及生態環境之平衡，應以周沿的法令規範轉基因物種之應用，其在釋放田間栽植前，須先評估其性狀與繁殖能力、及其對人類安全與生態環境之衝擊。因此我國在農試所設立“轉基因植物隔離田”，依據「基因轉移植物田間試驗相關管理規範」，包括「基因轉移植物田間試驗管理規範」，「行政院農業委員會基因轉移植物審議小組設置要點」，「基因轉移植物委託田間試驗作業要點」，及「基因轉移植物生物安全評估原則」等對每一轉基因植物進行安全性評估。目前上述 10 種轉基因植物均種植在隔離溫室或試驗田內觀察與評估。

在基因轉殖技術方面：研發花粉電穿孔法與子房電擊機，基因轉殖可直接在植物受粉時進行，轉殖之植物可以省卻組織培養形成癒合組織的步驟，縮短植物轉殖時間。後者目前已經獲得德國與韓國之專利。

此外，生物技術將加強「生物反應器」的研發。將有用的基因轉殖至植物內，利用其爲工具以生產酵素、免疫抗體等治療疾病之藥物。

5. 水產養殖：目標爲⑴研發精確之病原檢測方法，建立知識型養蝦產業；⑵發展企業

化外海箱網養殖；(3)魚蝦類功能性基因之研究；(4)水產致病微生物(包括病毒)功能性基因之研究，包括魚胰臟壞死病毒與魚神經壞死病毒等，以期妥善控制魚病，獲得生產優良品質與成長條件的飼養技術。

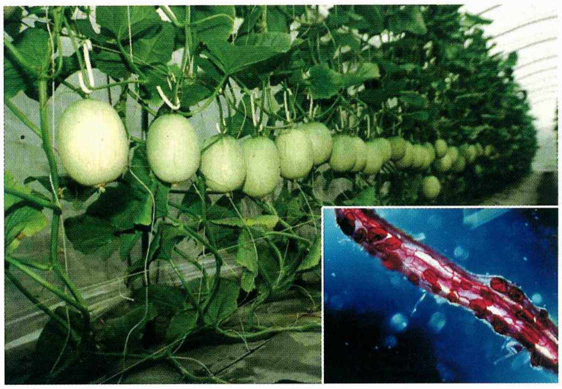
6. **畜產及動物用疫苗**：第一期目標爲(1)開發與建立疫苗之關鍵技術，包括口蹄疫、豬呼吸與生殖管道疾病之新型DNA疫苗與佐劑，及微膠囊口服疫苗之研發；建立「分子牧場」與東南亞疫苗中心；(2)畜產科技關鍵技術之開發生產；(3)畜產動物功能性基因體及蛋白質體之研究與應用；(4)畜產動物經濟性狀遺傳標幟之開發與應用；(5)畜產動物病原微生物基因體研發與應用。

7. **環境保護**：目標爲(1)農業廢棄物資源化及再利用：禽畜排泄物之減量、建立去臭及快速堆肥化技術；(2)生物肥料及堆肥製作技術開發；(3)環保生技微生物菌種種原庫之建立與應用；(4)環保微生物基因體之研究與土壤微生物多源基因體之功能性研究；(5)受污染土壤生物復育與生物抗拒吸收土壤重金屬技術之研發。農試所在微生物肥料(圖十九)及堆肥製作技術上已有相當之成果，並與廠商進行產學合作計畫與技術轉移。環境保護工作是維持農業永續經營之充分條件，過去國人對生態環境維護的忽視使生活環境日益惡化，加強環境保護生物技術研發可以降低農業造成之污染問題。

三、我國農業生技發展之相對優勢條件與限制

相較於歐美先進國家，我國生物技術之研發起步較晚，而將來開發出之生技產品與應用技術必須面臨國際競爭與考驗，因此必須先了解我國農業生技發展之相對優勢條件與限制有那些。

圖十八　中央研究院研發之轉殖植酸分解酵素之馬鈴薯（上）與對照（下）



圖十九、菌根菌對促進瓜類作物生長具有良好效果

我國發展農業生技產業之相對優勢條件：在地理位置上，歐美先進國家大都位於溫帶，其氣候條件與生物種原有異於我國，台灣的氣候土宜與生物多樣性則可說是我國發展生技產業的先天優勢。而台灣過去數十年來研發所累積的傲人農業研究成果以及培育之眾多優秀農業研究人員，均爲目前發展生技產業之基礎與人才優勢條件。

1. **得天獨厚之天然資源**：歐美先進國家大都位於溫帶，大部分農業產品與技術成果與我國有異；而台灣地處熱帶與亞熱帶卻，同時擁有熱帶、亞熱帶及溫帶之氣候條件，如此之氣候土宜滋養豐富之生物物種。獨特之天然地理環境與生物多樣性爲台灣的先天優勢，較能夠開創別於歐美之獨特農業生技產業，例如發展熱帶與亞熱帶之花卉蔬果與種苗產業。
2. **昔日豐碩之農業試驗研究成果**：任何產業之發展都必須有完善之基礎研究與應用研究做後盾，方能開創成功的產業，三者間有密不可分之關係。基礎研究可以提供相關產業所需之理論與資訊，並主導其發展方向，而應用研究則將學理實際化，應用於社會。在過去 50 年來，台灣農業能夠成功並曾擔當我國經濟命脈之重責大任，全因農業科技從基礎研究做起，以正確之學理成果引導產業走向，如今我國要發展農業生物技術產業，亦須加強試驗研究。
3. **優異之農業研究人員與聰穎勤奮的從業人員**：人才爲產業之母，生物技術需要高深的學理知識爲基礎，需要學識淵博之高級研究人才參與。我國有中央研究院、台灣大學、中興大學、嘉義大學、屛東科技大學、及相關的農業試驗研究機構，擁有眾多之國外博士與碩士，與東南亞各國相比，研究人才之完整性爲我國發展生技產業之優勢。然而與歐美先進國家相比，我國研究人力之規模仍嫌不足，尤其近年來農委會與國科會均停辦薦送在職研究人員國外進修等培育人才計畫，降低現職人員吸取國外智識與經驗之機會及減少與國外學者建立情感與溝通之管道。此外，相較於鄰近國家，我國人民具有聰明果決的天賦與吃苦耐勞的精神，無論是業界的縝密思惟或生產者的優秀技術均十分適合發展高科技的生物技術產業。
4. **政府相關單位之鼎力支持**：生物技術研究須投入大量的研發成本，包括培育人才、研發經費及扶持產業。我國政府將生物技術產業列爲重點發展科技，亦投下龐大的研發經費協助產業，此亦爲我國發展生技產業的優勢之一。然而，與歐美國家相比，政府的經費投入仍相對偏低。此外，農業研究人員具有草根性，較不重視名利，當受政府重視與獲得保障而無後顧之憂時，能無怨無悔的專心研究。因此，政府的支持度爲左右生技產業成敗的關鍵因子。

目前，國科會主要負責推動我國生物技術之上游基礎研究，執行單位包括中央研究院、各大專院校及農業試驗所；而農委會、衛生署、經濟部等單位負責推動生物技術中、下游之應用性研究，執行單位有公立研究機構及財團法人研究機構，如農試所、生物技術開發中心及工研院、食品工業發展研究所等，負責從事產品、產程與技術之開發，並將研究成果轉移給業界。農業試驗所將配合上游研究成果，繼續進行中、下游應用性研究工作，將上游研究成果開發爲半成品或成品，以直接或間接方式，轉移至產業界或農民；各地區農業改良場則負責進行成品之生產與推廣，及技術轉移業務。產業界在政府策略性的獎勵推動下，也逐漸加強研發投資，包括動物用疫苗、花卉種苗、生物農藥與肥料、檢驗試劑、保健食品等。公營企業如台灣肥料公司、台糖公司、中國石油公司等，亦積極規劃投資生物技術產業。

我國發展農業生技產業之限制因子：台灣農業發展受到多種先天與後天因素的限制。我國農業規模較小、經營效率低、未樹立品牌；工資高昂、成本高；且營銷管道與通路較差，說明如下：

1. **農業規模較小、經營效率低、未樹立品牌**：台灣地狹人稠，耕地面積小，農產業規模相對較小，造成經營效率低落且導致品管不一致，台灣的傳統農業產品大都尚未樹立良好的品牌與口碑，在生技產品方面亦面臨相同的情景，需要注意與改善。
2. **工資高昂、生產成本高**：台灣人力湧向都市，農業勞力缺乏，工資高昂，導致生產成本過高。尤其我國屬小農制，機械化與自動化一貫作業之效率較低，亦相對增加生產成本。
3. **營銷管道與通路較差，外銷競爭力薄弱**：我國農產業發展以內需爲主，爲分散風險，產品種類極多，單項產值與總產值都不高，其外銷競爭力相對偏低，難與國外大企業競爭。
4. **農產品壽命短暫與產值低**：相較於其他產品，農產品不耐儲運，且有替代與排擠效應。且農產品大部分爲民生必需品，政府爲顧及社會安定，農產品價格易受政策性抑低，因此投資報酬率低。此外，農業對土地與水資源之需求甚高，與其他產業相較，其單位土地的生產值偏低。相對其他工、商、資訊產業產品而言，農產品之投資報酬率較低。

四、結語－對台灣發展農業生技之期許

生物科技爲21世紀最具發展潛力的農業新興產業，各國相繼投入龐大研發資金與人力，以期育成優良品種、改進生產技術、提生產品之產值與附加價值。農業生物技術屬技術密集、高投資高風險之產業。目前我國農業生物技術產業發展所需要的高科技人力，在質與量方面無法超過歐美，且政府研究經費亦有限的情形下，如何訂定政策目標與研發重點，以推動農業生技產業之發展。以下爲對生技發展之期許與建議：

1. **訂定明確之研發目標**：以市場與任務爲導向，選擇具本土特質優勢者爲研發目標後積極進行，方能將成果落實產業。
2. **提升產業競爭力**：建立團隊、進行功能整合，以分工方式進行，以爭取時效。
3. **訂定智慧財產權相關法令**：應熟知各國之智慧財產權法令，並妥善訂定本國之專利法與技術轉移法規，以保護我國的智慧財產權。
4. **政府政策之配合**：政府制定相關法令以獎勵業界參與投資，廣納科技人才、提升研發水準，使研究、發展與生產合爲一體，達到產、官、學、研合作與交流、成果共享。